

AL

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Februar 2001 (08.02.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/09403 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C22C 19/05, C30B 11/00**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE];** Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP00/07079**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juli 2000 (24.07.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HERMANN, Wolfgang [DE/DE];** Calvinstrasse 30, D-45479 Mülheim (DE). **ESSER, Winfried [DE/DE];** Am Geraden Weg 39, D-44805 Bochum (DE). **SINGER, Robert [DE/DE];** Rudelsweiherstrasse 49b, D-91054 Erlangen (DE). **VOLEK, Andreas [DE/DE];** Dompropststrasse 40, D-91056 Erlangen (DE). **GROSSMANN, Jörn [DE/DE];** Am Gehege 23b, D-45325 Hattingen (DE). **BÜRGEL, Ralf [DE/DE];** Falkenhainer Weg 19, D-49324 Melle (DE). **SCHOLZ, Alfred [DE/DE];** Am Kandelborn 8,

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

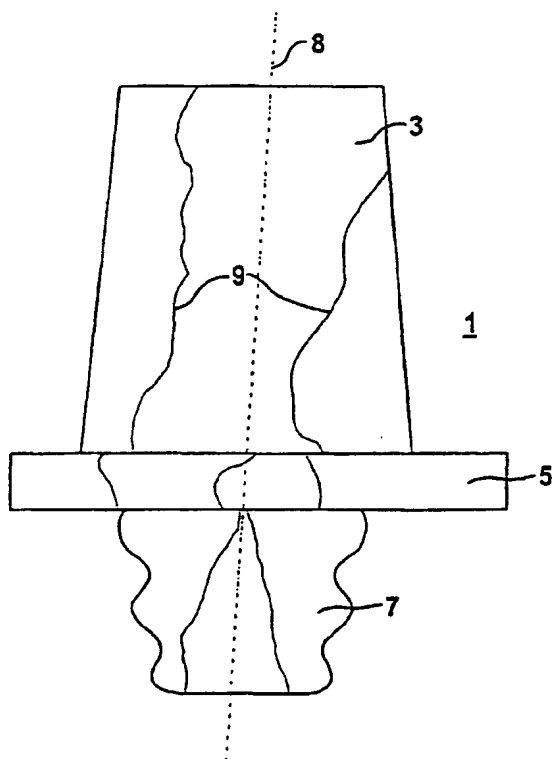
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
99114278.7 29. Juli 1999 (29.07.1999) **EP**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **HIGH-TEMPERATURE PART AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME**

(54) Bezeichnung: **HOCHTEMPERATURBESTÄNDIGES BAUTEIL UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES HOCHTEMPERATURBESTÄNDIGEN BAUTEILS**



(57) Abstract: The present invention relates to a high-temperature part (1) made of a nickel super-alloy having the following composition in wt %: 11-13 % of Cr; 3-5 % of W; 0.5-2.5 % of Mo; 3-5 % of Al; 3-5 % of Ti; 3-7 % of Ta; 1-5 % of Re; the balance consisting of nickel. This invention also relates to a corresponding part (1) made of an alloy having a composition essentially similar to the above-mentioned one and in which the rhenium proportion is replaced with 0.1-5 wt % of ruthenium.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein hochtemperaturbeständiges Bauteil (1) aus einer Nickel-Basis-Superlegierung in folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozent: 11-13 % Cr, 3-5 % W, 0,5-2,5 % Mo, 3-5 % Al, 3-5 % Ti, 3-7 % Ta, 1-5 % Re, Rest Nickel. Die Erfindung betrifft auch ein entsprechendes Bauteil (1) mit einer Legierungszusammensetzung entsprechend der oben angegebenen Zusammensetzung bis auf ein Ersetzen des Rheniumanteils mit 0,1-5 Gew.-% Ruthenium.



WO 01/09403 A1



D-64354 Reinheim (DE). **PYCZAK, Florian** [DE/DE];
 Karlsgarten 19, D-91054 Buckenhof (DE). **PREUHS,**
Jürgen [DE/DE]; Rolandstrasse 153, D-46047 Ober-
 hausen (DE). **MUGHRABI, Hael** [DE/DE]; Karlsgarten
 7, D-91054 Buckenhof (DE).

Veröffentlicht:

- *Mit internationalem Recherchenbericht.*
- *Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.*

(74) **Gemeinsamer Vertreter:** **SIEMENS AKTIENGE-**
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München
 (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, IN, JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Beschreibung

Hochtemperaturbeständiges Bauteil und Verfahren zur Herstellung des hochtemperaturbeständigen Bauteils

5

Die Erfindung betrifft ein hochtemperaturbeständiges Bauteil aus einer Nickel-Basis-Superlegierung. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung des Bauteils.

- 10 In der DE 23 33 775 B2 ist ein Verfahren zur Wärmebehandlung einer Nickellegierung beschrieben. Die Nickellegierung besteht aus bis zu 0,3 % Kohlenstoff, 11-15 % Chrom, 8-12 % Kobalt, 1-2,5 % Molybdän, 3-10 % Wolfram, 3,5-10 % Tantal, 3,5-4,5 % Titan, 3-4 % Aluminium, 0,005-0,025 % Bor, 0,05-0,4 %
- 15 Zirkon und den Rest Nickel. Weiterhin sind 0,01-3 % Hafnium zusätzlich in der Legierung enthalten, wobei durch eine geeignete Wärmebehandlung eine blockartige Carbid-Ausbildung und eine feindisperse Ausscheidung einer $\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$ -Phase. Ein Zusatz von Rhenium oder Ruthenium wird nicht angesprochen.
- 20

- Die US-PS-5,611,670 offenbart eine Laufschaufel für eine Gasturbine. Die Laufschaufel weist einen einkristallinen Plattformbereich und ein einkristallines Schaufelblatt auf. Ein
- 25 Befestigungsbereich der Schaufel ist mit einer gerichtet erstarrten Struktur ausgeführt. Die Schaufel ist aus einer Superlegierung gegossen, die in Gewichtsprozent folgende Zusammensetzung aufweist: bis zu 0,2 % Kohlenstoff, 5-14 % Chrom, 4-7 % Aluminium, 2-15 % Wolfram, 0,5-5 % Titan, bis zu 3 % Niob, bis zu 6 % Molybdän, bis zu 12 % Tantal, bis zu 10,5 %
- 30 Kobalt, bis zu 2 % Hafnium, bis zu 4 % Rhenium, bis 0,035 % Bor, bis zu 0,035 % Zirkon und den Rest Nickel. Diese weiten Bereichsangaben dienen der Angabe von Legierungszusammensetzungen, die grundsätzlich für die vorgeschlagene Gasturbinenschaufel geeignet sind, zeigen aber keinen hinsichtlich einer besonderen Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit oder Festigkeit geeigneten Zusammensetzungsbereich auf.
- 35

In der EP 0 297 785 B1 ist eine Nickel-Basis-Superlegierung für Einkristalle offenbart. Die Superlegierung weist in Gewichtsprozent folgende Zusammensetzung auf: 6-15 % Chrom, 5-12 % Wolfram, 0,01-4 % Rhenium, 3-9 % Tantal, 0,5-2 % Titan, 4-7 % Aluminium und optional 0,5-3 % Molybdän. Mit dieser Superlegierung wird sowohl eine Hochtemperaturrißfestigkeit als auch eine Korrosionsbeständigkeit erreicht. Um die Korrosionsbeständigkeit nicht zu beeinträchtigen, darf der Titangehalt zwei Gewichtsprozent nicht überschreiten.

In der US-PS-5,122,206 ist eine Nickel-Basis-Superlegierung angegeben, die eine besonders schmale Koexistenzzone für die feste und flüssige Phase aufweist und damit besonders für einen Einkristallgießprozeß geeignet ist. Die Legierung weist in Gewichtsprozent folgende Zusammensetzung auf: 10-30 % Chrom, 0,1-5 % Niob, 0,1-8 % Titan, 0,1-8 % Aluminium, 0,05-0,5 % Kupfer oder statt Kupfer 0,1-3 % Tantal, wobei im erstgenannten Fall optional auch Hafnium oder Rhenium mit einem Gehalt von 0,05-3 % vorhanden sein kann und im zweiten Fall auch statt Rhenium oder Hafnium 0,05-0,5 % Kupfer. Weiterhin können optional 0,05-3 % Molybdän oder Wolfram vorgesehen sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil aus einer Nickel-Basis-Superlegierung anzugeben, das besonders günstige Eigenschaften hinsichtlich einer Hochtemperaturfestigkeit, Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit und Stabilität gegen duktilitätsmindernde Bildung intermetallischer Phasen aufweist. Weitere Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Herstellungsverfahrens für ein solches Bauteil.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Bauteil gerichtete Aufgabe gelöst durch Angabe eines hochtemperaturbeständigen Bauteils aus einer Nickel-Basis-Superlegierung, deren Zusammensetzung folgende Elemente in Gewichtsprozent umfaßt:

11-13 % Chrom,
3-5 % Wolfram,
0,5-2,5 % Molybdän,
3-5 % Aluminium,
5 3-5 % Titan,
3-7 % Tantal,
1-5 % Rhenium,
Rest Nickel und Verunreinigungen.

- 10 Die Superlegierung des angegebenen Bauteils ist in ihrer Zusammensetzung erstmalig so spezifiziert, daß für das Bauteil besonders günstige Eigenschaften hinsichtlich seiner Hochtemperaturfestigkeit, seiner Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit und hinsichtlich einer Stabilität gegen die Bildung
15 duktilitätsmindernder intermetallischer Phasen besteht. Über umfangreiche Versuche, die der Erfindung vorausgingen, konnte die angegebene spezielle Zusammensetzung ermittelt werden, mit der die gewünschten, oben genannten Eigenschaften in überraschend hohem Maße erfüllt werden. Insbesondere geht die
20 Erfindung dabei von einer chromreichen Superlegierung aus, die eine erhöhte Festigkeit durch den Zusatz von Rhenium erhält. Die durch Rhenium geförderte Bildung versprödender intermetallischer Phasen wird durch die subtil ausbalancierte Zusammensetzung mit den anderen Elementen kontrolliert.
25 Vorzugsweise beträgt der Rheniumgehalt mindestens zwei Gewichtsprozent.

- Bevorzugt enthält die Super-Legierung Ruthenium. Durch die
30 Zugabe von Ruthenium kann insbesondere die Tendenz zur Ausbildung versprödender intermetallischer Phasen weiter verringert werden. Gerade bei einem Rheniumgehalt oberhalb von zwei Gewichtsprozent erweist sich die Zugabe von Ruthenium als günstig. Vorzugsweise ist dabei der maximale Rutheniumgehalt
35 drei Gewichtsprozent und der minimale Rutheniumgehalt 0,1 Gewichtsprozent Gewichtsprozent.

Bevorzugtermaßen liegt der Kobaltgehalt der Superlegierung bei bis zu 12 Gewichtsprozent.

Vorzugsweise enthält die Superlegierung höchstens ein Gewichtsprozent Niob.

Bevorzugtermaßen ist in der Superlegierung optional mindestens eines der folgenden Elemente enthalten:

- 10 0-2 Gew.-% Hafnium,
0-1 Gew.-% Zirkon,
0-0,05 Gew.-% Bor,
0-0,2 Gew.-% Kohlenstoff.
- 15 Erfindungsgemäß wird die auf ein Bauteil gerichtete Aufgabe ebenso gelöst durch Angabe eines hochtemperaturbeständigen Bauteils aus einer Nickel-Basis-Superlegierung, deren Zusammensetzung folgende Elemente in Gewichtsprozent umfaßt:
- 20 11-13 % Chrom,
3-5 % Wolfram,
0,5-2,5 % Molybdän,
3-5 % Aluminium,
3-5 % Titan,
- 25 3-7 % Tantal,
0,1-5 % Ruthenium,
Rest Nickel und Verunreinigungen.

Die Vorteile für ein solches Bauteil ergeben sich entsprechend den obigen Ausführungen zu den Vorteilen des Rhenium aufweisenden Bauteils. Überraschenderweise läßt sich auch durch Zugabe von Ruthenium und ohne einen Rheniumgehalt eine besonders hohe Hochtemperaturfestigkeit erreichen, wobei in der angegebenen Zusammensetzung gleichzeitig die Oxidations-/Korrosionsbeständigkeit ebenfalls hoch ist.

Bevorzugtermaßen ist der Kobaltgehalt der Superlegierung geringer als 12 Gewichtsprozent, während der Niobgehalt bei höchstens einem Gewichtsprozent liegt. Vorzugsweise sind in der Superlegierung 0-2 Gewichtsprozent Hafnium und/oder 0-1 Gewichtsprozent Zirkon und/oder 0-0,05 Gewichtsprozent Bor und/oder 0-0,2 Gewichtsprozent Kohlenstoff enthalten.

Vorzugsweise weist das Bauteil eine gerichtet erstarrte Kornstruktur auf. In einer solchen gerichtet erstarrten Struktur sind die Korngrenzen im wesentlichen entlang einer Achse ausgerichtet. Damit ergibt sich eine besonders hohe Festigkeit entlang dieser Achse.

Bevorzugtermaßen weist das Bauteil eine einkristalline Struktur auf. Durch die einkristalline Struktur werden festigkeitsmindernde Korngrenzen im Bauteil vermieden und es ergibt sich eine besonders hohe Festigkeit.

Vorzugsweise ist das Bauteil als eine Gasturbinenschaufel ausgebildet. Gerade eine Gasturbinenschaufel ist besonders hohen Anforderungen hinsichtlich einer Hochtemperaturfestigkeit und einer Oxidations-/Korrosionsbeständigkeit ausgesetzt.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe gelöst durch Angabe eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauteils aus einer Superlegierung gemäß der obigen Ausführungen mittels eines konventionellen Gießprozesses. In einem solchen konventionellen Gießprozeß wird eine feinkörnige Feingußstruktur für das Bauteil erzielt. Dieser Gießprozeß ist besonders kostengünstig.

Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird ebenso gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einer Superlegierung mit der obengenannten Zusammensetzung bei dem die Superlegierung so abgekühlt wird, daß sie gerichtet oder einkristallin erstarrt, wobei die Abkühlung im Vakuum durch

ein flüssiges Kühlmetall erfolgt. Ein solcher, als Liquid Metal Cooling bezeichneter Prozeß verbessert erheblich die Qualität und Geschwindigkeit des Gießprozesses. Gerade im Vakuum erfolgt eine Abkühlung nur durch Abstrahlung. Die Kühlleistung wird erheblich durch ein flüssiges Kühlmetall erhöht.

Damit kann der Erstarrungsprozeß, bei dem das zu erstarrende Bauteil entlang einer Bauteilachse abgekühlt wird, für eine möglichst fehlerfreie und zügige Erstarrung optimiert werden.

Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine Gasturbinenschaufel

FIG 2 ein Verfahren zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel,

FIG 3 Legierungszusammensetzungen

FIG 1 zeigt in einer Ansicht ein hochtemperaturbeständiges Bauteil, ausgeführt als Gasturbinenschaufel 1. Die Gasturbinenschaufel 1 weist ein Schaufelblatt 3, eine Plattform 5 und einen Befestigungsbereich 7 auf. Die Gasturbinenschaufel 1 ist in einem Gießprozeß gerichtet erstarrt hergestellt, wodurch sich entlang einer Schaufelachse 8 gerichtete Korngrenzen 9 ergeben.

Die Gasturbinenschaufel 1 ist aus einer Nickel-Basis-Superlegierung gefertigt, die eine der Zusammensetzungen aufweist, die in Tabelle 1 aufgeführt sind. Tabelle 1 (siehe FIG 3) enthält für sechs verschiedene Legierungen L1-L6 in jeder Spalte für ein Element die Gehaltsangabe im Gewichtsprozent. Der zu 100 % ergänzende Rest ist Nickel und unvermeidliche Verunreinigungen.

FIG 2 zeigt eine Schmelze 101 eines Metalls, insbesondere einer Superlegierung zur Herstellung von Turbinenschaufeln 1 in einer Gießform 102, welche zum Zwecke der Abkühlung in ein Bad 103 eines flüssigen Kühlmediums, vorzugsweise Zinn, ein

anorganisches Salz oder Boroxid, einzutauchen ist. Das flüssige Kühlmedium 103a befindet sich auf einer zweiten Temperatur, die geringer ist als die erste Temperatur der Schmelze 101. Das Bad 103 ist abgedeckt von einer Deckschicht 104, die aus einem fließfähigen, wärmeisolierenden Schüttgut aus kugelförmigen Festkörpern 105, 106 (Hohlkugeln 105, Vollkugeln 106) abgedeckt ist. Die Hohlkugeln 105 bestehen vorzugsweise aus einem keramischen Werkstoff, wie Siliciumdioxid-Aluminiumoxid (Mullit). Die Vollkugeln 106 bestehen vorzugsweise aus einem Werkstoff wie Aluminiumoxid, Magnesiumoxid oder Zirkonoxid. Festkörper aus einem Vollmaterial können beispielsweise auch aus Pulverteilchen 106 eines marktgängigen Pulvers bestehen. Die Deckschicht 104 reduziert deutlich einen Wärmeeintrag aus der Heizzone 107, in der die Gießform 102 mit der Schmelze 101 zunächst gehalten wird, in das Bad 103. Die Gießform 102 befindet sich in der Heizzone 107 auf einer sehr hohen ersten Temperatur, insbesondere 1600 °C. Im Inneren der Deckschicht 104 bildet sich ein hohes Temperaturgefälle, entsprechend einem besonders hohen Temperaturgradienten aus. Aufgrund des Wärmeeintrags in die Schmelze 101 und die Gießform 102 nach Heizzone 107, und aufgrund des Wärmeaustrags aus der Schmelze 101 und der Gießform 102 in dem Bad 103, stellt sich in der Schmelze 101 in dem Bereich, wo die Gießform 102 die Deckschicht 104 durchquert, ebenfalls ein hoher Temperaturgradient ein. Durch einen solchen hohen Temperaturgradienten wird ein gerichtetes Erstarren der Schmelze 101 zu einem Werkstück oder mehreren Werkstücken, insbesondere einer Turbinenschaufel 1 mit stengelkristallinem oder einkristallinem Gefüge bewirkt. Die Gießform 102 ist über ein Haltegestell 111 in das Bad 103 verfahrbar.

Besonders bevorzugte Legierungen weisen folgende Zusammensetzung auf:

35 : Al: 3,4; Cr: 12,5%; Co: 9%;
Mo: 1,9%; W: 4%; Ta: 4%;
Ti: 3,9%; Re: 3% C: 0,08%; B: 125ppm;

8

Zr: 80ppm; Hf: < 100ppm; Ni: bal.

5 1: Al: 3,6-4; Cr: 12,5%; Co: 9%;
Mo: 1,9%; W: 4%; Ta: 6%;
Ti: 3,9%; C: 0,08%; B: 125ppm;
Zr: 80ppm; Hf: < 100ppm; Ni: bal.

10

: Al: 3,8; Cr: 12%; Co: 4%;
Mo: 1,5%; W: 3,5%; Ta: 6%;
Ti: 3,9%; Re: 2,5% C: 0,08%; B: 125ppm;
15 Zr: 80ppm; Hf: < 100ppm; Ni: bal.

: Al: 3,8; Cr: 12%; Co: 4%;
20 Mo: 1,5%; W: 3,5%; Ta: 6%;
Ti: 3,9%; Re: 2,5% Ru: 1%; C: 0,08%; B:
125ppm;
Zr: 80ppm; Hf: < 100ppm; Ni: bal.

25

Al: 3,8; Cr: 12%; Co: 4%;
Mo: 1,9%; W: 4%; Ta: 6%;
Ti: 3,9%; Re: 1,5% C: 0,08%; B: 125ppm;
30 Zr: 80ppm; Hf: < 100ppm; Ni: bal.

Patentansprüche

1. Hochtemperaturbeständiges Bauteil (1) aus einer Nickel-Basis-Superlegierung, deren Zusammensetzung folgende Elemente
5 in Gewichtsprozent umfaßt:

11-13 % Chrom
3-5 % Wolfram
0,5-2,5 % Molybdän
3-5 % Aluminium
10 3-5 % Titan
3-7 % Tantal
1-5 % Rhenium

Rest Ni und Verunreinigungen.

- 15 2. Bauteil (1) nach Anspruch 1, bei dem der Rhenium-Gehalt mindestens zwei Gewichtsprozent beträgt.

3. Bauteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Superlegierung Ruthenium enthält.

20

4. Bauteil (1) nach Anspruch 3, mit einem maximalen Ruthenium-Gehalt der Superlegierung von 3 Gewichtsprozent.

5. Bauteil (1) nach Anspruch 3 oder 4, mit einem minimalen
25 Ruthenium-Gehalt der Superlegierung von 0,1 Gewichtsprozent, insbesondere 0,5 Gewichtsprozent.

6. Bauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Kobalt-Gehalt der Superlegierung von bis zu 12 Gewichtsprozent.
30

7. Bauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Niob-Gehalt der Superlegierung von höchstens einem Gewichtsprozent.

35

10

8. Bauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Superlegierung mindestens eines der folgenden Elemente in Gewichtsprozent enthält:

- 0-2 % Hafnium
- 5 0-1 % Zirkon
- 0-0.05 % Bor
- 0-0.2 % Kohlenstoff.

10 9. Hochtemperaturbeständiges Bauteil (1) aus einer Nickel-Basis-Superlegierung, deren Zusammensetzung folgende Elemente in Gewichtsprozent umfaßt:

- 11-13 % Chrom
- 3-5 % Wolfram
- 0,5-2,5 % Molybdän
- 15 3-5 % Aluminium
- 3-5 % Titan
- 3-7 % Tantal
- 0.1-5 % Ruthenium
- Rest Nickel und Verunreinigungen.

20

10. Bauteil (1) nach Anspruch 9, mit einem Kobalt-Gehalt der Superlegierung von bis zu 12 Gewichtsprozent.

25 11. Bauteil (1) nach Anspruch 9 oder 10, mit einem Niob-Gehalt der Superlegierung von höchstens einem Gewichtsprozent.

30 12. Bauteil (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem die Superlegierung mindestens eines der folgenden Elemente in Gewichtsprozent enthält:

- 0-2 % Hafnium
- 0-1 % Zirkon
- 0-0.05 % Bor
- 0-0.2 % Kohlenstoff.

35

13. Bauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das eine gerichtet erstarrte Kornstruktur (9) aufweist.

14. Bauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, das eine einkristalline Struktur aufweist.

5 15. Bauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, das eine isotrope Verteilung der Orientierungen der Kornstruktur aufweist.

16. Bauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das als Gasturbinenschaufel ausgebildet ist.

10

17. Verfahren zur Herstellung eines in einem der vorhergehenden Ansprüche angegebenen Bauteils (1) durch Gießen mittels eines konventionellen Gießprozesses.

15 18. Verfahren zur Herstellung eines in einem der Ansprüche 1 bis 16 angegebenen Bauteils (1), bei dem die Superlegierung so abgekühlt wird, daß sie gerichtet oder einkristallin erstarrt, wobei die Abkühlung im Vakuum durch ein flüssiges Kühlmetall oder durch ein flüssiges, anorganisches Salz erfolgt.
20

1/3

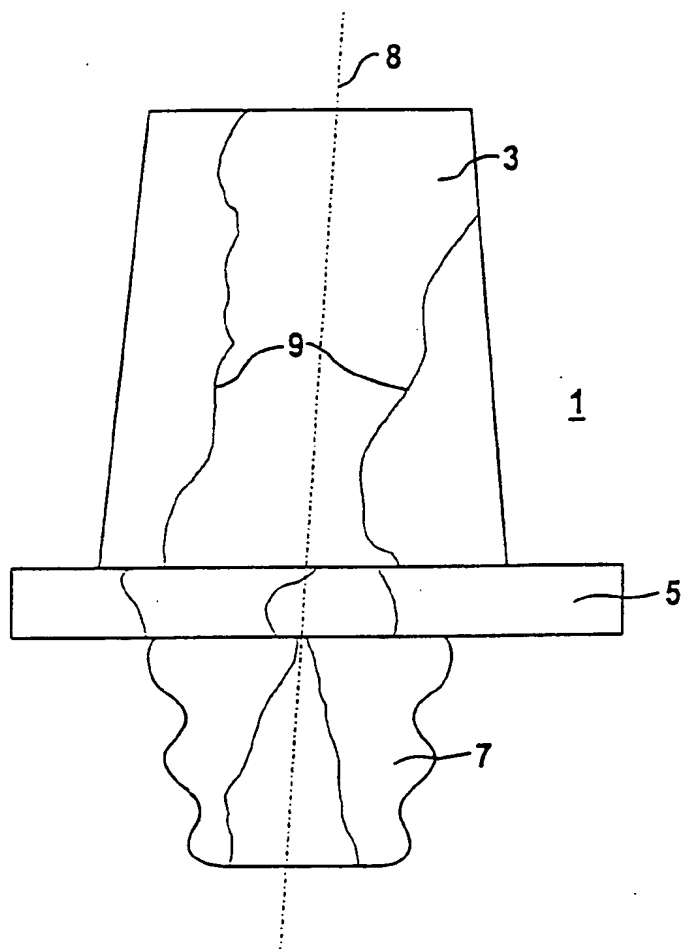


FIG 1

2/3

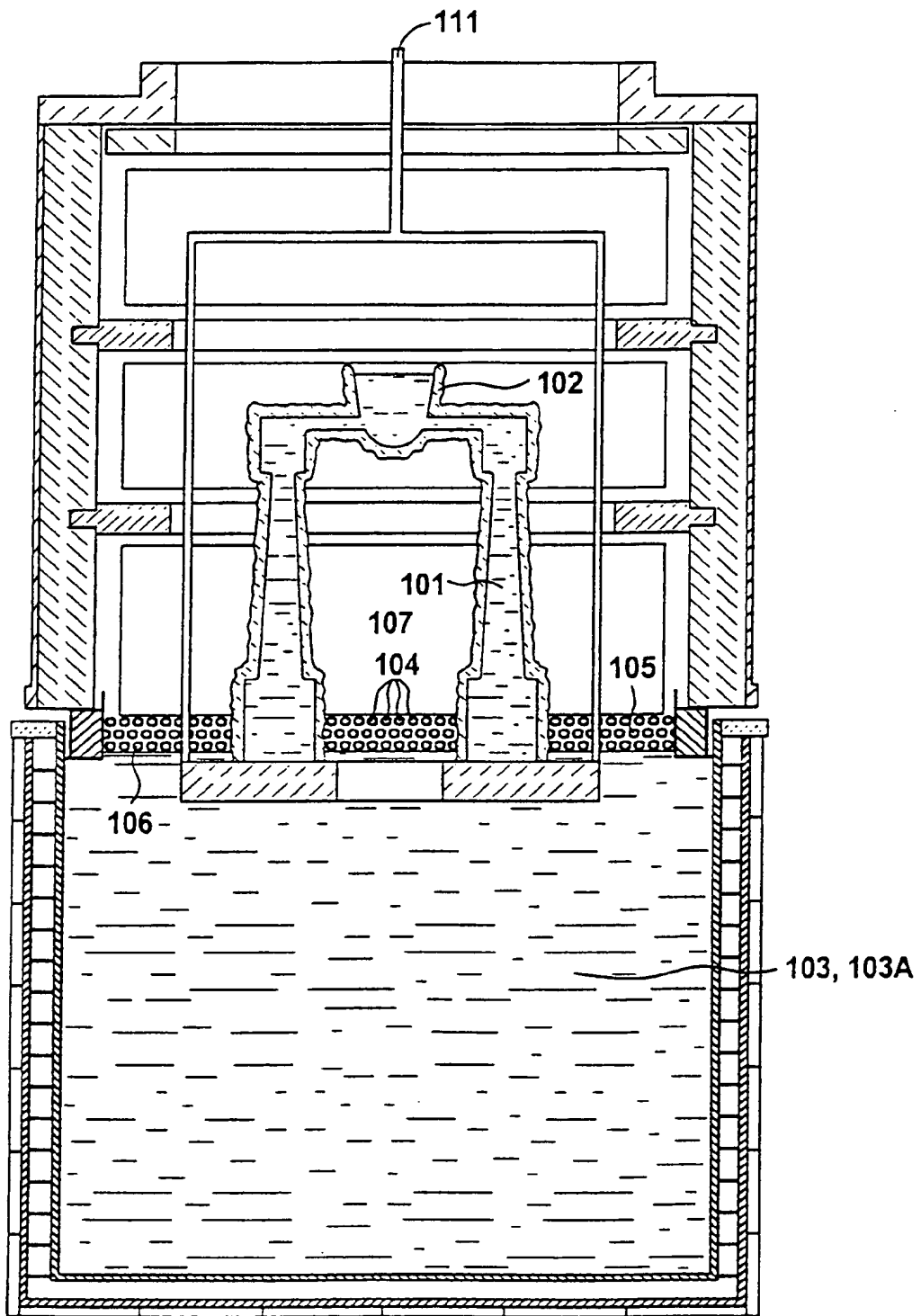


FIG 2

3/3

	Cr	W	Mo	Al	Ti	Co	Nb	Ta	Hf	Zr	B	C	Re	Ru
L1	12,0	4,0	1,9	3,8	3,9	-	-	6,0	<100ppm	80ppm	125ppm	0,08	-	-
L2	12,0	3,5	1,5	3,8	3,9	-	-	6,0	<100ppm	80ppm	125ppm		2,5	-
L3	12,0	3,5	1,5	3,8	3,9	-	-	6,0	<100ppm	80ppm	125ppm		2,5	1,0
L4	12,0	3,5	1,5	3,8	3,9	-	-	6,0	<100ppm	80ppm	125ppm		5,0	2,0
L5	12,0	4,0	1,9	3,8	3,9	9,0	-	6,0	<100ppm	80ppm	125ppm		-	1,0
L6	12,0	4,0	1,9	3,4	3,9	9,0	-	4,0	<100ppm	80ppm	125ppm		3,0	-

FIG 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/07079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C22C19/05 C30B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C22C C30B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 611 670 A (YOSHINARI AKIRA ET AL) 18 March 1997 (1997-03-18) cited in the application claims 1-3	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 10, 31 October 1997 (1997-10-31) -& JP 09 157777 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP), 17 June 1997 (1997-06-17) abstract; example 1	1,9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 January 2001

Date of mailing of the international search report

08/01/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gregg, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/07079

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5611670 A	18-03-1997	CN 1123874 A DE 69423061 D DE 69423061 T EP 0637476 A JP 7145703 A	05-06-1996 30-03-2000 12-10-2000 08-02-1995 06-06-1995
JP 09157777 A	17-06-1997	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/07079

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C22C19/05 C30B11/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 C22C C30B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, CHEM ABS Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 611 670 A (YOSHINARI AKIRA ET AL) 18. März 1997 (1997-03-18) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-3	1,9
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 10, 31. Oktober 1997 (1997-10-31) -& JP 09 157777 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP), 17. Juni 1997 (1997-06-17) Zusammenfassung; Beispiel 1 -----	1,9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Januar 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gregg, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 00/07079

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5611670 A	18-03-1997	CN 1123874 A	05-06-1996
		DE 69423061 D	30-03-2000
		DE 69423061 T	12-10-2000
		EP 0637476 A	08-02-1995
		JP 7145703 A	06-06-1995
JP 09157777 A	17-06-1997	KEINE	